



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **61145820 A**(43) Date of publication of application: **03.07.86**

(51) Int. Cl.

**H01L 21/20**  
**H01L 21/203**  
**H01L 21/205**  
**H01L 29/80**

(21) Application number: **59289415**(22) Date of filing: **20.12.84**(71) Applicant: **SEIKO EPSON CORP**

(72) Inventor: **IWANO HIDEAKI**  
**OSHIMA HIROYUKI**  
**KOMATSU HIROSHI**  
**TSUNEKAWA YOSHIFUMI**

**(54) SEMICONDUCTOR THIN FILM MATERIAL****(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To realize good crystallization characteristic, high mobility and high luminescence in the visible region by sequentially stacking a single crystal thin film consisting of Si and that consisting of gallium phosphorus compound at a semiconductor material of the super-lattice structure.

**CONSTITUTION:** The lattice constant of Si is 5.43 $\text{\AA}$ , and that of GaP is 5.45 $\text{\AA}$ . Since the lattice constants are approximated, the Si layer and GaP layer show good epitaxial growth with good

crystallization characteristic. Moreover, since a band gap of Si is 1.12eV, EG of GaP is 2.24eV, difference of EG between super lattices is large and increment of mobility and that in probability of light emission transition are large. In addition, both Si GaP are indirect transition type semiconductors, but the direct transition type transition probability is generated in the band of both layers by employing the super-lattice structure. Thereby, the material emits the light of infrared region with the wavelength of 1.1 $\mu\text{m}$  and the light of visible region with the wavelength of 5,530 $\text{\AA}$ .

COPYRIGHT: (C)1986,JPO&amp;Japio

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭61-145820

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>H 01 L 21/20  
21/203  
21/205  
29/80

識別記号

庁内整理番号

7739-5F  
7739-5F  
7739-5F  
7925-5F

⑭ 公開 昭和61年(1986)7月3日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全3頁)

⑮ 発明の名称 半導体薄膜材料

⑯ 特 願 昭59-269415

⑰ 出 願 昭59(1984)12月20日

⑱ 発 明 者 岩 野 英 明 諏訪市大和3丁目3番5号 株式会社諏訪精工舎内  
⑱ 発 明 者 大 島 弘 之 諏訪市大和3丁目3番5号 株式会社諏訪精工舎内  
⑱ 発 明 者 小 松 博 志 諏訪市大和3丁目3番5号 株式会社諏訪精工舎内  
⑱ 発 明 者 恒 川 吉 文 諏訪市大和3丁目3番5号 株式会社諏訪精工舎内  
⑰ 出 願 人 セイコーエプソン株式 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
会 社  
⑲ 代 理 人 弁理士 最 上 務

## 明 細 書

## 1 発明の名称

半導体薄膜材料

## 2 特許請求の範囲

第1の半導体薄膜と第2の半導体薄膜を順次積層して成る超格子構造の半導体材料において、前記第1の半導体薄膜が硅素から成る単結晶薄膜であり、前記第2の半導体薄膜がガリウムリン化合物から成る単結晶薄膜であることを特徴とする半導体薄膜材料。

## 3 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は超格子構造を用いた半導体材料に関するものである。

## 〔従来の技術〕

従来の硅素(Si)を用いた超格子構造の半導体材料は例えば文献 "Electron mobility

enhancement in epitaxitital multilayer Si-Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub> alloy films on (100)Si " Appl.

Phys.Lett .41(5), 1982 に見られるように、Siのエピタキシャル薄膜とSi<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub> 異晶系薄膜を順次積層して形成されるものであった。このような超格子構造を形成することにより電子及び正孔の有効質量は減少し、界面方向の移動度が増大することが示されている。またSiのバンド間遷移は間接型であるのに対してSi-Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub> 超格子構造には直接型遷移の遷移確率が増え、発光素子としての可能性も期待できる。

〔発明が解決しようとする問題点〕

しかし前述の従来技術では、SiとSi<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub> を積層するためには、両層の格子定数が近くなければ、結晶性のよい薄膜成長はできない。即ち、Siの格子定数は $3.57 \text{ \AA}$ であり、Geの格子定数は $3.56 \text{ \AA}$ であるので、格子整合させるためにはSi<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub> 層のxの値は0.1以下程度におさえる必要がある。その為、SiとSi<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub> の間のバンドギャップ差が小さくなり、超

格子構造にする効果が小さいという問題点を有する。

また  $Si-Si_{1-x}Ge_x$  超格子構造では発光性も期待できるが、発光したとしても発光波長は  $1.1 \mu m$  より長く、可視域波長の光は発光しないという問題点を有する。

そこで本発明はこのような問題点を解決するもので、その目的とするところは、結晶性が良く、高移動度であり、可視域の発光性の高い半導体材料を提供するところにある。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明の半導体材料は、超格子構造の半導体材料において  $Si$  から成る単結晶薄膜とガリウムリン ( $GaP$ ) 化合物からなる単結晶薄膜を順次積層して超格子構造としたことを特徴とする。

〔作用〕

本発明の上記の構成によれば、 $Si$  の格子定数は  $5.43 \text{ \AA}$  であり、 $GaP$  の格子定数は  $5.45 \text{ \AA}$  であり、格子定数が近接している為、超格子構造を形成する際、 $Si$  層、 $GaP$  層が結晶性よくエ

$00^\circ$  に加熱し、最初にモノシラン ( $SiH_4$ ) ガスを、水素、ヘリウム、アルゴン等のキャリアガスと共に反応管中に導入し、 $Si$  薄膜をエピタキシャル成長させる。所定時間後、 $(OH)_3Ga$ 、 $(O_2H)_3Ga$  等の有機金属化合物の蒸気と、フォスフィン ( $PH_3$ ) ガスあるいは  $(OH)_3P$  等の有機金属化合物の蒸気を水素、ヘリウム、アルゴン等のキャリアガスと共に反応管中に導入し  $GaP$  薄膜をエピタキシャル成長させる。これらの操作を交互に繰り返して超格子構造の半導体材料を得ることができた。この薄膜は格子整合しているために、結晶性が良く、電子移動度が単層の  $Si$  薄膜の移動度の  $10$  倍程度に向上した。更に、フォトルミネッセンス法による測定では  $1.12 eV$  の赤外部と、 $2.24 eV$  の可視部の発光が観測され、間接遷移型から直接遷移型へのバンド間遷移の確率が発生したことが確認された。これらのことは、第2図に示すように、膜厚方向に、バンドギャップの繰り返しが生ずるため、結晶の対称性が膜厚方向に低下するため、直接遷移型の

エピタキシャル成長をする。更に、 $Si$  のバンドギャップ ( $EG$ ) は、 $1.12 eV$ 、 $GaP$  の  $EG$  は  $2.24 eV$  であるため超格子間の  $EG$  の差が大きく、移動度の増大、発光遷移確率の増大が大きい。

更に、 $Si$ 、 $GaP$  共に間接遷移型の半導体であるが、超格子構造とすることで両層のバンドで直接遷移型の遷移確率が生じ、 $1.1 \mu m$  の波長の赤外域の発光、 $5530 \text{ \AA}$  の波長の可視域の発光をし得る発光材料となる。

〔実施例〕

第1図は、本発明の実施例における  $Si-GaP$  超格子構造の半導体材料の主要断面図である。単結晶シリコン基板 ( $101$ ) の  $(100)$  面上に、 $Si$  ( $102$ )、 $GaP$  ( $103$ ) を交互に順次積層する。 $Si$ 、 $GaP$  の層厚は薄い程度ましいが、材料製作可能な範囲では、約  $20 \text{ \AA}$  以上である。薄膜の製造方法には、化学量論的気相成長法 ( $CVD$  法) を用い、反応管の中に設置された  $Si$  基板を誘導加熱法により、 $900-10$

バンドが混合するために起こり、更に電子の有効質量が減少するためである。

〔発明の効果〕

以上述べたように本発明によれば、次のような効果を有する。

第1に、高移動度の半導体材料を  $Si$  基板を用いて製造できることである。従って、高速の集積回路の製造に適し、且つ結晶性が良く安価な基板材料であるので、歩留り、製造コストの面でも有利である。

第2に、格子定数の合った半導体を積層するので成長膜の結晶性が良く、このことがデバイスに形成した場合の信頼性を著しく向上させる。

第3に、 $Si$  と  $GaP$  という共に間接遷移型の半導体を積層して、直接遷移型の遷移確率を発生させるので、単層  $Si$  あるいは単層  $GaP$  では決して得られなかった発光素子が製造可能となり更に、更に1素子で赤外と可視部の2波長の発光が可能である。その為、本発明の半導体材料は、赤外、可視部共に発振可能な半導体レーザを製造

することが可能である。

#### 4 図面の簡単な説明

第1図は本発明の半導体材料の一実施例を示す主要断面図。

第2図(a)(b)は第1図の半導体材料のエネルギーバンド構成図。

- (101) …… シリコン基板  
 (102) …… Siエピタキシャル層  
 (103) …… GaPエピタキシャル層  
 (201) …… GaP伝導帯エネルギーレベル  
 (202) …… Si伝導帯エネルギーレベル  
 (203) …… GaP価電子帯エネルギーレベル  
 (204) …… Si価電子帯エネルギーレベル

以 上

出願人 株式会社諏訪精工舎

代理人 弁理士 最上



手続補正書 (方式)

昭和60年5月22日

特許庁長官 殿

#### 1 事件の表示

昭和59年 特許願 第269415号

#### 2 発明の名称

半 導 体 薄 膜 材 料

#### 3 補正をする者

事件との関係

出願人 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (236) 株式会社 諏訪精工舎

#### 4 代 理 人

〒104 東京都中央区京橋2丁目6番21号  
 株式会社 服部セイコー内 最上特許事務所  
 (4664) 弁理士 最上 務  
 連絡先 563-2111 内線 641 担当 林

#### 5. 補正命令の日付

昭和60年4月30日

←補正により増加する発明の数→

#### 6. 補正の対象

明 細 書

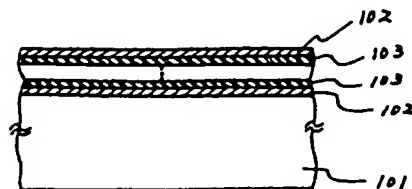
#### 7. 補正の内容

別紙の通り

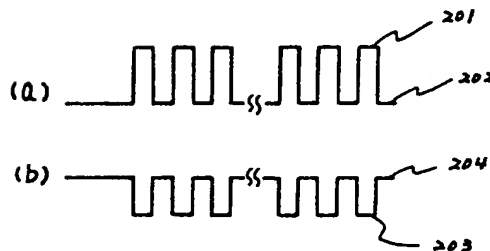
方式  
 交

村山

—99—



第 1 図



第 2 図

手続補正書 (方式)

#### 1. 明細書 1頁下から1行目～2頁3行目

「例えば文献 "Electron" 1982  
 に見られるように」とあるを、

「例えば文献 "(100) Si 上のエピタキ  
 シヤル多層 Si-Si<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub> 合金膜にお  
 ける電子移動度増大 "アプライド フィジッ  
 クス レター 第41巻 第5号 464頁  
 (1982年) ("Electron mobility  
 enhancement in epitaxitilal multilayer  
 Si-Si<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub> alloy films on(100)Si" Appl.  
 Phys. Lett. 41(5), 464 (1982))  
 に見られるように」に補正する。

以 上

代理人 最上 務

